

Untersuchungen über den Wundverschluß von Längswunden bei *Corylus colurna*

INAUGURAL-DISSERTATION

der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von

HORST ZASCHE

aus Lichtenfels/Ofr.

Gustav Fischer Verlag Stuttgart-S

1960

Als Dissertation genehmigt

von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen.

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Februar 1960

Dekan: Universitätsprofessor Dr. WILHELM SPECHT

Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. JULIUS SCHWEMMLE

Berichterstatter: Privatdozent Dr. ERIK HAUSTEIN

Sonderdruck aus: Zeitschrift für Botanik, Band 48, Heft 3

Untersuchungen über den Wundverschluß von Längswunden bei *Corylus colurna*

INAUGURAL-DISSERTATION

der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von

HORST ZASCHE

aus Lichtenfels/Ofr.

Gustav Fischer Verlag Stuttgart-S

1960



Untersuchungen über den Wundverschluß von Längswunden bei *Corylus colurna*

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Erlangen)

Von

HORST ZASCHE

Mit 20 Abbildungen

Eingegangen am 5. Februar 1960

I. Einleitung

Sehr häufig beobachtet man in der Natur Überwallungen verwundeter Bäume. Dabei ergeben sich verschiedene interessante Fragen und Probleme. Die beiden Überwallungswülste sind nach außen durch teilweise recht mächtige tote Korkschichten abgeschlossen; wie kann nun trotzdem durch diese Schichten hindurch eine Vereinigung der Wülste stattfinden? Wie kann aus den beiden getrennten Kambien der Überwallungswülste bei deren Verschmelzung ein gemeinsames Kambium hergestellt werden? Natürlich knüpfen sich noch manch andere interessante Probleme an die Überwallungserscheinungen, besonders die beiden oben genannten Fragen aber bildeten den Anlaß zu dieser Arbeit.

Das Problem des Wundverschlusses im Pflanzenreich war schon Gegenstand zahlreicher, namentlich älterer Veröffentlichungen. Die meisten dieser Darstellungen waren jedoch allgemeinerer Natur und brachten wenig Einzelheiten über den Heilungsvorgang. Außerdem handelte die Mehrzahl der Arbeiten von Quer- und Ringelwunden, vielfach auch von Verwachsungserscheinungen bei Pfropfungen; die Heilungsvorgänge bei Längswunden aber waren weniger beschrieben. Eine relativ genaue Darstellung der Überwallung einer Längswunde findet sich bei FRANK in seinem Lehrbuch „Die Krankheiten der Pflanzen“, 1895. Es wird dabei von Kallusbildung berichtet, die nach der

Verwundung einsetzt. Auch die Entstehung eines Wundphellogens, das die Wunde nach außen hin abschließt, wird beschrieben. Im allgemeinen aber wird nicht weiter auf Einzelheiten eingegangen; besonders die interessanten Probleme der Vereinigung der beiden Überwallungswülste und die Verschmelzung der Kambien der beiden Wülste zu einem gemeinsamen Kambium werden überhaupt nicht behandelt; es wird lediglich die Tatsache konstatiert.

Auch bekannte Autoren wie KÜSTER, SORAUER und STRASBURGER äußern sich zu diesen Problemen; auf ihre Ergebnisse braucht jedoch hier nicht eingegangen zu werden, da auch diese Forscher wenig Einzelheiten beschreiben. Es sei nur auf das Literaturverzeichnis verwiesen.

Eine Arbeit von LÖCKELL über „Die ersten Folgen der Verwundung des Stengels dikotyler Holzgewächse durch Schnitte in der radialen Längsrichtung“, 1901, befaßt sich etwa mit dem gleichen Problem wie die vorliegende Untersuchung. Die Ergebnisse sind jedoch in den meisten Punkten stark abweichend von denen vorliegender Arbeit. Außerdem werden wichtige Probleme, wie auch schon in der erwähnten Darstellung von FRANK, lediglich angedeutet oder nur am Rande behandelt. Interessant ist eine Beschreibung von KRIEG über die Beseitigung der toten Korkgewebe vor der Verschmelzung der Überwallungswülste. KRIEG schreibt dazu in seiner Arbeit „Beiträge zur Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen“, 1908: „... Bei der Beseitigung dieser toten Gewebe spielen Kern und Plasma eine wichtige Rolle. Nach meiner Ansicht konnten die Korkzellen nur dadurch in den Besitz lebenden Inhalts gelangt sein, daß nach Art der Thyllenbildung die einer Korkzelle nächstliegende Kallusparenchymzelle sich in die erstere einstülpte, worauf die Parenchymzelle nach vorheriger Kernteilung einen Tochterkern mit dem dazugehörigen Plasma an die benachbarte Korkzelle abgab und hiermit in die Auflösung des Korkes eingriff...“ Für derartige Erscheinungen konnten aber bei den vorliegenden Untersuchungen, wie später noch auszuführen sein wird, keinerlei Anzeichen gefunden werden.

Eine neuere Arbeit von BRAUN über „Die normalen Verwachsungsvorgänge nach Pfropfung von Laubbäumen“, 1958, berührt auch manche Probleme vorliegender Untersuchungen. Die Beseitigung der zwischen zwei Pfropfkomponenten entstehenden Trennzone wird von BRAUN größtenteils durch Resorption erklärt. Die Vorgänge der Verbindung der Holzkörper von Unterlage und Reis weisen Ähnlichkeit auf mit den von mir beobachteten Erscheinungen. Auf verschiedene Arbeiten wird in der Diskussion noch einzugehen sein.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war nun, eine genaue Darstellung aller Einzelheiten der Heilung einer L ä n g s w u n d e von der Verwundung bis zum vollständigen Verschuß der Wunde zu geben und zwar in der Hauptsache anhand von Abbildungen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. J. SCHWEMMLE, möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung der Arbeit und für das ständige Interesse an meinen Untersuchungen bestens danken. Ebenso danke ich Herrn Dr. H. O. GLENK für manche Anregungen und Fr. LAUX für die Herstellung von Mikrographien.

II. Untersuchungsobjekt und Methodik

Als Untersuchungsobjekt wurde ein Baum im Botanischen Garten der Universität Erlangen gewählt, und zwar eine Baumhasel, *Corylus colurna*. Die Wahl gerade dieses Objektes erwies sich später als sehr günstig, da die Wundheilung bei dieser Pflanze im Vergleich zu anderen Pflanzen relativ rasch verlief. Auf die Dauer des Heilungsprozesses wird noch einzugehen sein.

Zur Untersuchung des Heilungsvorganges war es nun notwendig, Verwundungen der verschiedensten Heilungsgrade zur Verfügung zu haben. Dementsprechend wurden die Versuche folgendermaßen durchgeführt: Mit einem Metallriller wurden in den verschiedensten Baumregionen, also sowohl an oberen als auch an unteren Zweigen, Wunden gesetzt. Wie noch zu besprechen sein wird, war es auch von Bedeutung, ob die verletzten Zweige meist der Sonne ausgesetzt waren oder im Schatten lagen. Die Wunden waren etwa 3 cm lang, 2–3 mm breit und reichten bis in den Holzkörper; sie verliefen alle in der Längsrichtung der Zweige. In gewissen Zeitabständen wurden nun Zweigstückchen der verschiedensten Heilungsgrade entnommen mit dem Ziele, eine möglichst genaue Querschnittserie vom Heilungsprozeß zu erhalten.

Um das Material für den nun folgenden Schneidevorgang etwas zu erweichen, wurden die Zweigstückchen in ein Gemisch aus gleichen Teilen Glycerin und 90 %igem Äthanol eingelegt. Nach einigen Tagen waren dann die Zweigstückchen soweit erweicht, daß sie, ohne wesentlich zu zerreißen, mit dem Rasiermesser geschnitten werden konnten. Das Schneiden mit dem Mikrotom erwies sich als ungeeignet, da stets Zerreißen eintraten, indem sich das zarte Kambium vom Holzkörper loslöste. Die auf diese Weise erhaltenen Querschnitte wurden sodann in kleine Schälchen mit Eau de Javelle gebracht, um den Zellinhalt herauszulösen, der bei der mikroskopischen Betrachtung störend wirkt. Zu diesem Zwecke ließ man das Eau de Javelle je nach der Dicke des Schnittes einen halben bis zwei Tage einwirken. (Naturgemäß waren

die für Übersichtsbilder angefertigten Schnitte dicker als die für Detailbeobachtungen hergestellten, da sie das Schneiden größerer Flächen verlangten.)

Für die weitere Beobachtung war es notwendig, die einzelnen Zellgewebe möglichst deutlich voneinander zu unterscheiden, was durch Färbung erreicht wurde. Nach vielen Versuchen wurde schließlich eine Doppelfärbung mit Safranin und Hämatoxylin bevorzugt:

a) Doppelfärbung mit Safranin und Hämatoxylin:

Safraninstammlösung:

50 g Wasser, 50 g abs. Alkohol, 1 g Safranin, etwas Anilinwasser.

Diese Stammlösung wurde bei Gebrauch je nach Bedarf mit Wasser verdünnt. Man ließ die Lösung nur kurze Zeit auf die Schnitte einwirken. Dabei färbten sich Holzkörper, Kork und alle sklerenchymatischen Elemente intensiv rot, während die übrigen Gewebe nur sehr schwach rot gefärbt wurden. Diese schwache Rötung konnte schon durch kurzes Einlegen in Wasser wieder beseitigt werden.

Hämatoxylinstammlösung (nach P. Mayer):

1000 g Wasser, 1 g Hämatoxylin, 50 g Alaun, 0,2 g Natriumjodat.

Auch diese Stammlösung mußte bei Gebrauch je nach Bedarf mit Wasser verdünnt werden. In dieser Lösung wurden die bereits mit Safraninlösung gefärbten Schnitte etwa 30 Minuten belassen, wobei sich alle unverholzten parenchymatischen Gewebe bla u v i o l e t t färbten.

Neben dieser Doppelfärbung genügte in vielen Fällen auch eine

b) Einfadfärbung mit Safranin:

Dabei wurden nur der Holzkörper, Kork und die sklerenchymatischen Elemente (Bastfasern und Steinzellen) intensiv rot gefärbt, während die unverholzten Elemente der Rindengewebe farblos blieben.

Nach dem Färben konnten nun die Schnitte auf Objektträger überführt und in Glycerin eingebettet werden. Der verdunstende Anteil des Glycerins wurde von Zeit zu Zeit ergänzt. Von den so hergestellten Präparaten wurden dann Zeichnungen und teilweise Mikrophotographien angefertigt.

III. Die Untersuchungen

1. Makroskopische Beobachtung der Wundheilung

Zunächst soll nun der Heilungsprozeß beschrieben werden, wie er mit bloßem Auge beobachtet werden kann.

Die ersten Verwundungen wurden Ende März 1957 gesetzt, und zwar, wie schon angedeutet, sowohl an oberen als auch an unteren Zweigen, an stark

besonnten und an solchen Zweigen, die meist im Schatten lagen. Dabei stellte sich erwartungsgemäß heraus, daß die stärker besonnten Zweige ihre Wunden viel rascher zu schließen vermochten als die meist beschatteten. Dies wird erklärlich aus der erhöhten Menge an Assimilaten in den besonnten Zweigen. Der beobachtete Heilungsprozeß verlief nun folgendermaßen: Etwa 30 Tage nach der Verwundung konnte man an den parallelen Rändern der Längswunde kleine Überwallungswülste beobachten, die sich nun in der Folge langsam über die Wundblöße hinwegschoben, um schließlich miteinander zu verschmelzen. Am frühesten erfolgt die Vereinigung am oberen und unteren Wundrande.

Abb. 1 möge den Heilungsverlauf etwas veranschaulichen. Sie zeigt eine Wunde, deren Überwallungswülste zumindest teilweise schon miteinander verschmolzen sind. Die Verschmelzung ist am besten bei Betrachtung eines Querschnittes durch die Wunde festzustellen. Der oberflächliche Einschnitt zwischen



Abb. 1:
4 Monate alte,
vollkommen über-
wallte Wunde.

den Überwallungswülsten, wie ihn auch Abb. 1 zeigt, gibt oft zu Täuschungen Anlaß: Während der Einschnitt noch getrennte Überwallungswülste vorspiegelt, ist in Wirklichkeit die Vereinigung meist schon vollzogen. Der beschriebene Heilungsvorgang dauerte also etwa 4 Monate, von Ende März bis Ende Juli. Es wäre nun sinnlos, genaue Zeiten für die Heilungsdauer angeben zu wollen, denn die Wachstumsgeschwindigkeit ist natürlich stark jahreszeitlich verschieden und hängt von den jeweiligen äußeren Umständen ab. Man konnte Wunden beobachten, die sich noch schneller schlossen als die hier beschriebenen, während wieder andere viel längere Zeiten benötigten. Es waren also durchaus nicht immer die am frühesten verletzten Zweige am schnellsten geheilt, wie man vielleicht annehmen könnte.

Nebenbei sei hier noch erwähnt, daß gleichzeitig Parallelversuche durchgeführt wurden, und zwar an *Caragana arborescens* (Erbsenstrauch), einer Papilionacee. Dabei ergab es sich, daß Ende März 1957 verwundete Zweige im Sommer 1958 lediglich ganz schwache Wülste zeigten. Daraufhin wurden im Frühjahr 1958 noch einige weitere Versuche an anderen Bäumen und Sträuchern ausgeführt, um Anhaltspunkte für die Heilungsdauer bei anderen Pflanzen zu erhalten. Eine kurze Übersicht gibt die Zusammenstellung. Sämtliche hier angeführten Pflanzen wurden am 14. 5. 1958 verwundet und am 22. 9. 1958 wieder beobachtet:

Pflanze	Familie	Ordnung	Bemerkung
<i>Chaenomeles lagenaria</i>	Rosaceae	Rosales	Wunde geschlossen
<i>Cotoneaster nigra</i>	Rosaceae	Rosales	Wunde geschlossen
<i>Crataegus crus galli</i>	Rosaceae	Rosales	Wunde beinahe geschlossen
<i>Prunus Padus</i>	Rosaceae	Rosales	Wunde geschlossen
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rosaceae	Rosales	Wunde beinahe geschlossen
<i>Ribes spec.</i>	Saxifragaceae	Rosales	Wunde geschlossen
<i>Acer platanoides</i>	Aceraceae	Terebinthales	Wunde beinahe geschlossen
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Hippocastanaceae	Terebinthales	Wunde geschlossen
<i>Berberis bretschnederi</i>	Berberidaceae	Polycarpicae	Wunde beinahe geschlossen
<i>Betula pendula</i>	Corylaceae	Fagales	Wunde geschlossen
<i>Fraxinus spec.</i>	Oleaceae	Contortae	Wunde geschlossen
<i>Sambucus nigra</i>	Caprifoliaceae	Rubiales	Wunde geschlossen
<i>Laburnum</i>	Papilionaceae	Leguminosae	Wunde zeigt kleine Wülste
<i>Colutea arborescens</i>	Papilionaceae	Leguminosae	Wunde zeigt kleine Wülste
<i>Robinia glutinosa</i>	Papilionaceae	Leguminosae	Wunde zeigt kleine Wülste

Die Tabelle zeigt, daß die Heilung bei den meisten Pflanzen fast ebenso rasch erfolgt wie bei *Corylus colurna*. Nur die *Papilionaceae* verhalten sich merkwürdigerweise wieder anders. Die Ursache für dieses Verhalten wurde jedoch nicht näher untersucht.

2. Die anatomischen Untersuchungen

Hier sei zunächst der Querschnitt durch einen normalen, unverletzten Zweig von *Corylus colurna* beschrieben:

Auf einen normal gebauten Holzkörper mit meist einreihigen Markstrahlen folgt das Kambium. Anschließend die sekundäre Rinde mit den Fortsetzungen der Markstrahlen. Teilweise sind, unregelmäßig verteilt, Bastfasern zu finden. Vereinzelt sind auch Kristallzellen in der sekundären Rinde vorhanden. Ihre äußere Begrenzung findet die sekundäre Rinde durch den gemischten Ring, bestehend aus Sklerenchymfasern und Steinzellen. Darauf folgt die primäre Rinde mit größerlumigen Zellen und zahlreichen mächtigen Kristallzellen. Einige Kollenchymschichten schließen sich an und endlich als Abschluß ein Phellogen, das nach innen Phelloderm, kenntlich an der regelmäßigen Schichtung, und nach außen einen ziemlich mächtigen Korkabschluß bildet.

Durch die Verletzung mit dem Riller wird nun ein bis ins Holz reichender Keil aus dem Zweig entfernt. Abb. 2 zeigt dieses Stadium schematisch gezeichnet. (Auf allen folgenden schematischen Zeichnungen ist schraffiert der Holzkörper, gestrichelt das Kambium, punktiert der Kork dargestellt.)

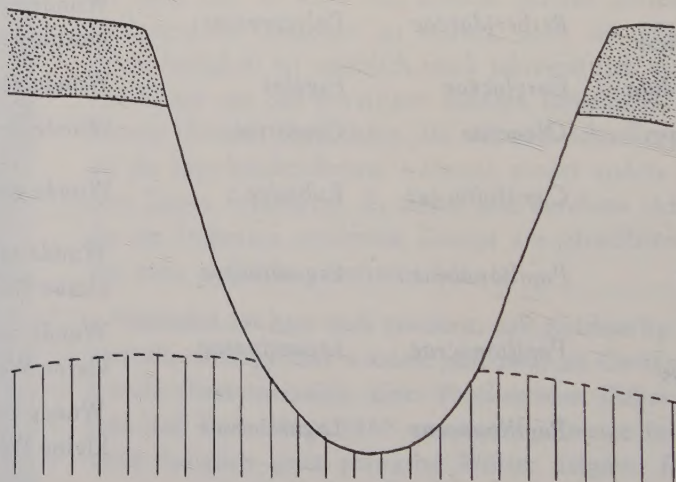


Abb. 2: Entfernung eines bis ins Holz reichenden Keiles.

Als Folge des bei der Verletzung auftretenden Druckes trennt sich auf beiden Seiten der Wunde das zarte Kambium eine bestimmte Strecke vom Holzkörper ab. Erst mit dem nächsten Stadium setzt nun die eigentliche Wundheilung ein: Als Reaktion auf die Wundsetzung beobachtet man zunächst eine

Bräunung der durch die Verwundung bloßgelegten Gewebe, die sich auf einige Entfernung nach innen, also von der Wunde weg, hinzieht. Diese Bräunung ist wohl als Oxydationserscheinung zu erklären. Außerdem vergrößern sich einzelne in Wundnähe liegende Kambium- und Rindenzellen. Wenig vom Wundrand entfernt entstehen nun etwa parallel zur Schnittebene sowohl im Kambium wie auch in der sekundären Rinde, primären Rinde und im Phelloderm tangentialer Teilungswände. Auf diese Weise entsteht ein Wundphellogen, das sich, vom Kambium ausgehend, über sekundäre Rinde, gemischten Ring, primäre Rinde bis ins ursprüngliche Phellogen hinzieht und damit Anschluß an dieses findet. Das Wundphellogen bildet nun nach außen wie das normale Phellogen Kork, den man entsprechend Wundkork nennt. So wird die Wunde frühzeitig gegen größere Austrocknung, gegen das Eindringen schädlicher Insekten und andere Außeneinflüsse abgeschlossen. Die außerhalb des Wundphellogens liegenden Gewebepartien sind vom lebenden Gewebe abgeschnürt und vertrocknen erwartungsgemäß. Die geschilderten Verhältnisse sind auf Abb. 3 schematisch dargestellt. Der vereinfachten Darstellung wegen zeigt Abb. 3 wie auch alle

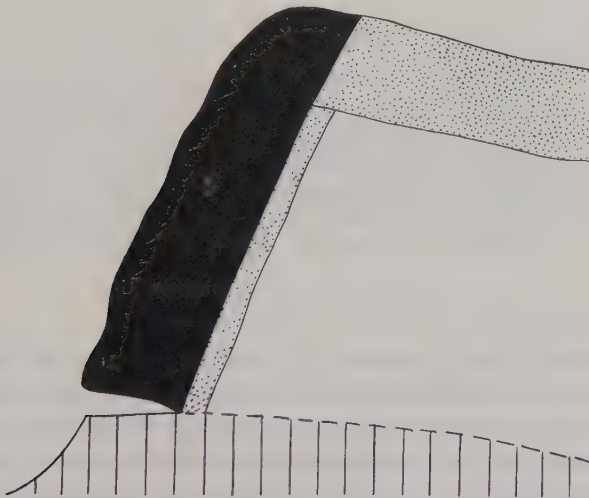


Abb. 3: Abschluß der Wunde nach außen durch Bildung eines Wundphellogens. Anschluß des Wundphellogens an das ursprüngliche Phellogen. Absterben der außerhalb des Wundphellogens liegenden Gewebe.

folgenden bis zur Verwachsung der beiden Überwallungswülste nur einen Wundrand; der andere verhält sich natürlich entsprechend. Die durch das Wundphellogen abgeschnürten toten Zellelemente sind auf den schematischen

Zeichnungen schwarz dargestellt. Die beiden nächsten Abbildungen 4 und 5 zeigen die eben beschriebenen Verhältnisse in zellulärer Darstellung noch genauer. Abb. 4 stellt einen Ausschnitt vom Holzkörper bis zum gemischten



Abb. 4: Durchbruch des Wundphellogens durch den gemischten Ring

Ring dar, während Abb. 5 die weitere Fortsetzung in zentrifugaler Richtung wiedergibt. Man erkennt hier auch den Durchbruch des Wundphellogens bzw. -korks durch den gemischten Ring: Meist sind an diesen Durchbruchsstellen Lücken im gemischten Ring vorhanden (eine solche ist auf Abb. 4 zu erkennen.) Häufig setzt aber auch das Wundphellogen einfach zu beiden Seiten des gemischten Ringes an (siehe Abb. 5). Hier sei erwähnt, daß das Wundphellogen nicht etwa von einer Stelle ausgehend sich allmählich über die Wundblöße hinzieht. Es entsteht vielmehr auf der ganzen Entfernung vom Kambium bis zum ursprünglichen Phellogen gleichzeitig. Der Reiz zur Bildung des Wundphellogens muß also vom ganzen bloßliegenden Wundrand ausgehen. Würde die Phellogenbildung von einer bestimmten Stelle aus induziert, etwa vom verletzten Kambium, um allmählich weiter fortzuschreiten, so wäre an solchen

Stellen des gemischten Ringes, die keine Lücke besitzen, eine Grenze gesetzt. Dies stimmt aber mit den tatsächlichen Beobachtungen nicht überein, so daß letztere Möglichkeit von vornherein ausscheidet.

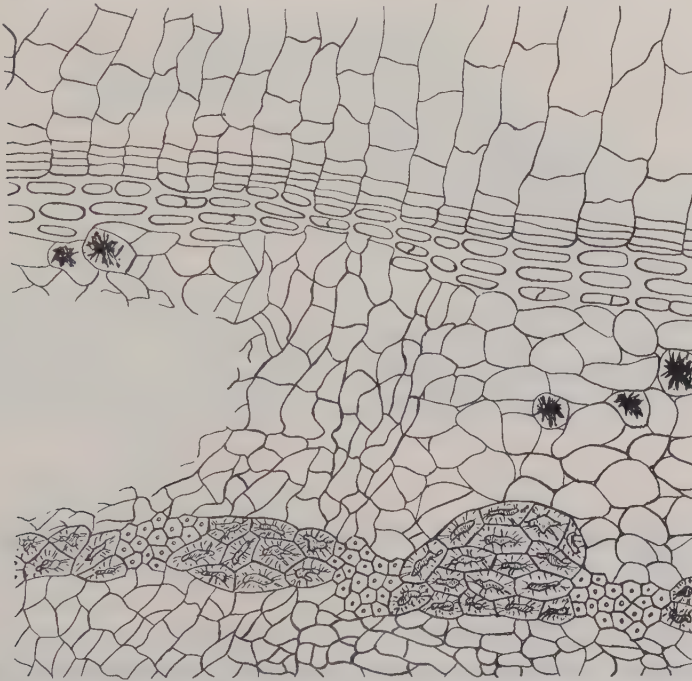


Abb. 5: Anschluß des Wundphellogens an das ursprüngliche Phellogen.

Nachdem nun die Wunde durch eine Korkschicht gegen Austrocknung und andere schädliche Einflüsse geschützt ist, beginnen Zellen besonders des Kambiums und der sekundären Rinde, die in unmittelbarer Nähe des Wundphellogens liegen, durch radiale und tangential Teilungswände sich zu teilen, ohne sich aber vorher wesentlich zu vergrößern, wie dies sonst bei typischer Kallusbildung der Fall ist. Gleichzeitig entsteht durch die Tätigkeit des Wundphellogens nach innen Phelloderm, so daß sich allmählich nach der Wundfläche hin ein Wulst vorwölbt. Abb. 6 zeigt ein solches Stadium in schematischer Darstellung. Die durch das Wundphellogen abgeschnürten und dadurch abgestorbenen Gewebepartien (schwarz dargestellt auf Abb. 3) sind zu diesem Zeitpunkt durch die Vorwölbung des Wulstes bereits abgefallen. Von den Kambiumzellen entfalten nun die der Wunde nächstliegenden stärkere Aktivität als die wundentfernteren, indem sie sich nicht regelmäßig teilen und wohl-

geschichtetes Holz abgeben, sondern vielmehr ungeordnete parenchymatische Holzzellen, die chlorophyllhaltig, stark getüpfelt sind und nahezu isodiametrische Gestalt aufweisen, wie auf Längsschnitten zu erkennen ist. Durch diese

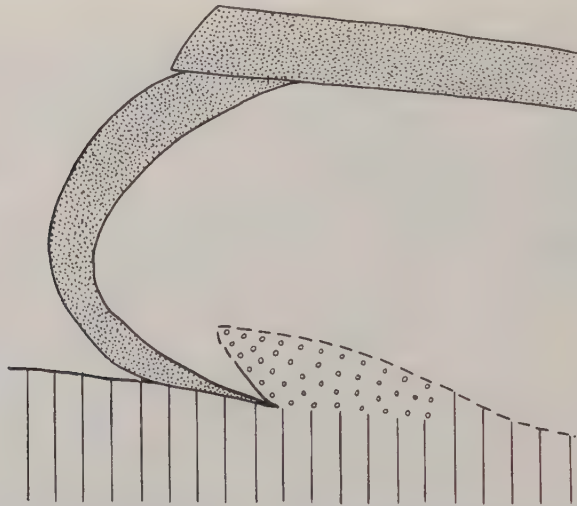


Abb. 6: Bildung stark getüpfelter parenchymatischer Holzzellen durch die der Wunde nächst liegenden Kambiumzellen.

unregelmäßige Verteilung erstrecken sich die beschriebenen Zellen ungefähr fächerförmig in den Wulst. Das wundentfernere Kambium läßt dagegen normales, geschichtetes Holz entstehen. Die Abbildungen 6 und 7 erläutern schematisch und zellulär diese Beschreibungen. Die Tupfen auf den schematischen Abbildungen mögen die parenchymatischen Holzzellen andeuten. Abb. 6 läßt übrigens nochmals deutlich durch den horizontalen Querstrich den Anschluß des Wundphellogens und des Wundkorks an das ursprüngliche Phellogen erkennen. Abb. 7 zeigt auch den Ansatzpunkt des Überwallungswulstes am Holzkörper. Im übrigen ist der Wulst keineswegs etwa mit dem Holzkörper verwachsen, er liegt diesem nur lose auf, wie durch den Spalt zwischen Wulst und Holz auf der linken Bildhälfte der Abb. 7 bewiesen wird.

Es sei hier erwähnt, daß andere Autoren, z. B. KÜSTER, ebenfalls parenchymatische Holzzellen, wie sie oben beschrieben wurden, beobachteten, und zwar bei der Verwachsung zweier Stämme, die in der Natur häufig zu finden ist. Die Entstehung dieser Zellen wird erklärt durch den großen Druck, der bei Berührung der Stämme auftritt. (Siehe KÜSTER, „Über Stammverwachsungen“, *Jahrb. f. wiss. Bot.* 33, 1899, S. 499.) Diese Erklärung kommt für die vorliegende Un-

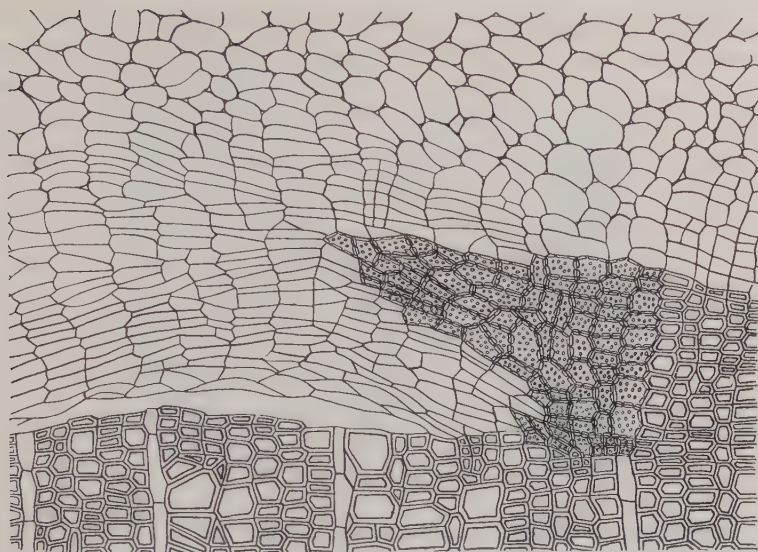


Abb. 7: Erklärung siehe Abb. 6!

tersuchung wohl nicht in Frage, weil die genannten Zellen ja schon lange vor Berührung der beiden Überwallungswülste entstehen, ein größerer Druck also nicht vorhanden ist.

Durch die weitere Kambium- und Phellogentätigkeit vergrößert sich der Wulst laufend und schiebt sich über die Wundfläche hin. Das Kambium krümmt sich allmählich und verläuft etwa parallel zum Phellogen, was auf Abb. 8 zum Ausdruck kommt. Man erkennt hier auch deutlich das Phellogen und die von ihm gebildeten geschichteten Phellodermzellen. Durch das stete Wachstum nähern sich die beiden Überwallungswülste fortwährend.

Etwa von diesem Zeitpunkt an können wir im weiteren Heilungsverlauf drei verschiedene Typen unterscheiden, die teilweise durch ganz prinzipielle Unterschiede voneinander abweichen.

Verwachsungstyp I:

Die beiden Überwallungswülste wachsen also auf die beschriebene Weise, bis sie sich schließlich berühren. Dem einfachen Verwachsen der Gewebe beider Wülste stehen nun die toten Korkschichten, welche die Wülste abschließen, entgegen. Sollen die Wülste zur Vereinigung kommen, so müssen die Korkschichten vorher beseitigt werden. Diese Korkbeseitigung ist nun eines der interessantesten Probleme der ganzen Wundheilung. Durch den gegenseitigen

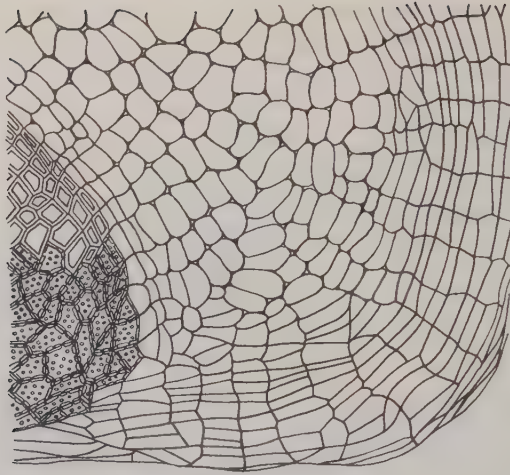


Abb. 8: Verlauf des Kambiums etwa parallel zum Phellogen.

Druck, den die Wülste aufeinander ausüben und der sich bei weiterem Wachstum natürlich noch vergrößert, kommt es zu einer Zusammenpressung und Abplattung der Korkzellen. Abb. 9 zeigt die beiden aufeinanderdrückenden

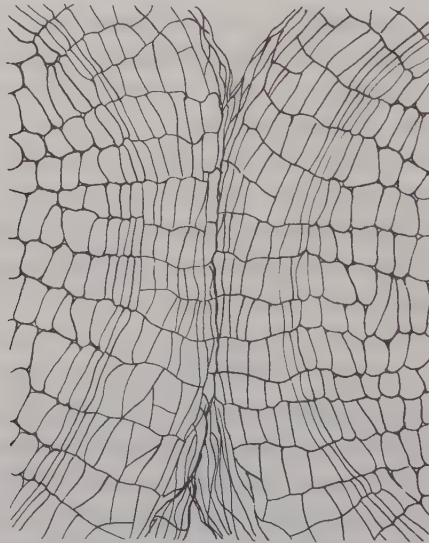


Abb. 9: Zusammenpressung und Abplattung der Korkzellen.

Wülste; an der Berührungsfront sind die Korkschichten bereits zusammengepreßt und abgeplattet. Schließlich lösen sich einzelne Korkgewebepartien, dem erheblichen Druck nachgebend, ab und werden nach außen emporgepreßt, teilweise erfolgt aber die Beseitigung auch nach unten auf den Holzkörper zu. Die schwarz gezeichneten Stellen der Abb. 10 zeigen solches nach oben und



Abb. 10: Beginnende Vereinigung der Rindenparenchymgewebe beider Wülste.

unten abgestoßenes Korkgewebe. Soweit beobachtet werden konnte, bleibt der nach unten beseitigte Kork lange Zeit in dem Hohlraum zwischen beiden Wülsten liegen. Sogar auf Präparaten, deren Wülste längst verschmolzen waren, konnten noch solche Korkreste gefunden werden. Die nach außen gepreßten Gewebe fallen dagegen mehr oder weniger rasch ab. Es sei hier auf die bereits in der Einleitung erläuterte Ansicht von KRIEG verwiesen, der die Korkbeseitigung durch Auflösung erklärt. Dies konnte bei den vorliegenden Untersuchungen in keinem Fall beobachtet werden. Vielmehr erschienen durch das Zusammenpressen der Korkschichten diese Gewebe eindeutig dichter und undurchsichtiger. Auch erscheint schon rein theoretisch die mechanische Korkbeseitigung durch den zunehmenden Druck als die einfachste und einleuchtendste Erklärung.

An den Stellen stärksten Druckes ist der Kork am frühesten beseitigt, so daß die lebenden Zellgewebe bloßliegen. Einer Verwachsung steht also nichts mehr

im Wege. Sie tritt an diesen Stellen auch tatsächlich ein: Es vereinigen sich sowohl die aneinanderliegenden Rindenparenchymgewebe als auch die Phellogene, die damit in einen oberen und einen unteren Teil aufspalten. Der untere Teil stellt jedoch alsbald seine Tätigkeit ein, nachdem ein weiterer Korkabschluß nach innen zu nicht notwendig ist. Abb. 10 zeigt die beschriebenen Verhältnisse: Die Vereinigung der beiden Wülste ist durch eine schmale Brücke erfolgt; die Phellogene und die Rindenparenchymgewebe stehen miteinander in Verbindung.

Wie im einzelnen die Verwachsung zweier Zellgewebe vor sich geht, kann hier nicht gesagt werden. STRASBURGER beobachtete z. B. beim Verwachsen der Pfröpflinge von *Abies nobilis* auf *Abies pectinata* die Ausbildung korrespondierender Tüpfel und Plasmaverbindungen (siehe STRASBURGER, „Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen“, Jahrb. f. wiss. Bot. 36, 1901). VOGES schreibt dazu in einer Arbeit: „... Was sodann die Verschmelzung der gegeneinanderwachsenden Überwallungswülste betrifft, so ist bei der gleichen Struktur der aufeinanderstoßenden und ... verwachsenden Zellelemente die Verwachsungsart nicht nachzuweisen.“ (Siehe VOGES, „Über Regenerationsvorgänge nach Hagelschlagwunden an Holzgewächsen“, Zentr.bl. f. Bakt. Abt. II, 36, 1913).

Mit der erfolgten Verwachsung der Überwallungswülste sind aber, wie schon Abb. 10 erkennen läßt, die Verhältnisse noch keineswegs normalisiert. Die beiden Kambien der ehemaligen Überwallungswülste würden jedes für sich das sekundäre Dickenwachstum fortsetzen. Da beide Kambien durch eine kambiumfreie Rindenparenchymzone getrennt sind, würde es dabei, wie leicht einzusehen ist, zu Wachstumsstörungen kommen. Damit wieder normales sekundäres Dickenwachstum einsetzen kann, muß also erst ein gemeinsames Kambium hergestellt werden. Das geschieht nun folgendermaßen:

Man beobachtet, wie in einem schmalen Streifen des Rindenparenchymgewebes tangentiale Teilungswände gebildet werden, und zwar von den Kambien der ehemaligen Wülste ausgehend. Die Bildung tangentialer Teilungswände schreitet weiter fort, so daß sich auf diese Weise ein neues Kambium als Fortsetzung der beiden ursprünglichen Wulstkambien ausdifferenziert, wie es auf Abb. 11 dargestellt ist. Man erkennt auf dieser Abbildung noch die beiden ehemaligen Wülste an dem unteren Einschnitt. Der an dieser Stelle eigentlich zu erwartende Korkabschluß ist bei der Herstellung der Präparate durch das Schneiden teilweise mit entfernt worden und kommt so auf den Abbildungen nicht deutlich zum Ausdruck. Abb. 11 zeigt, wie durch die Tätigkeit des sich neu ausdifferenzierenden Kambiums die getrennten Holzkörper der

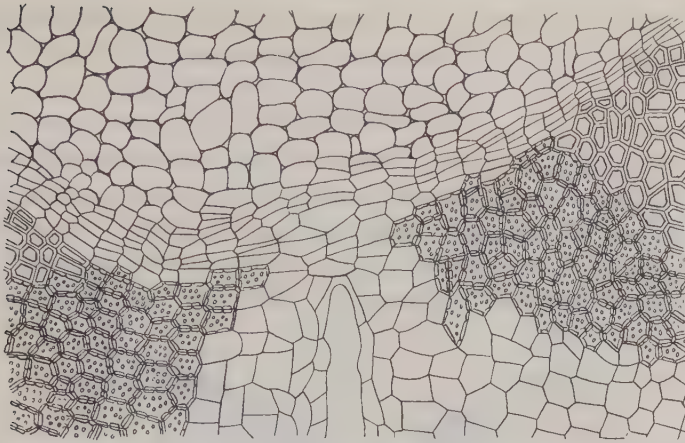


Abb. 11: Durch die Tätigkeit des neuen Kambiums wachsen die Holzkörper aufeinander zu.

Wülste schließlich keilförmig aufeinander zuwachsen. Man erkennt auch, daß das vom neuen Kambium gebildete Holz aus den bereits beschriebenen parenchymatischen Holzzellen besteht. Mit der Zeit erreichen sich die ursprünglich getrennten Holzkörper, die nun durch eine schmale Brücke parenchymatischer Holzzellen miteinander verbunden sind, wie es auf Abb. 12 dargestellt ist. Damit ist aber wieder ein gemeinsames Kambium entstanden; der Zweig kann wieder normal in die Dicke wachsen. Das Dickenwachstum erfolgt von nun an im Verhältnis zur Wachstumsgeschwindigkeit der Überwallungswülste viel

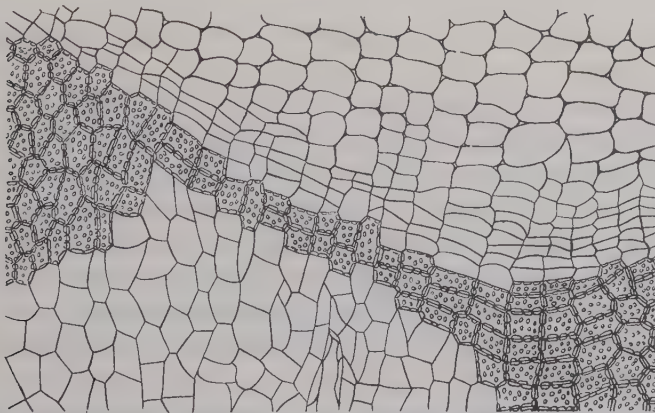


Abb. 12: Vereinigung der beiden Holzkörper durch eine schmale Brücke.

langsamer. Wir können damit den ersten Heilungstyp als abgeschlossen betrachten und zur Besprechung von Typ II übergehen.

Verwachsungstyp II:

Man beobachtet hier im Verhalten der beiden Überwallungswülste eine merkwürdige Erscheinung: Abweichend vom vorher besprochenen Typ I verhalten sich hier die Phellogene abnormal, indem sie schon vor der Berührung der beiden Wülste nach dem Wulstinneren zu eine mehr oder weniger große Strecke stark getüpfelte parenchymatische Holzzellen bilden, wie es auf Abb. 13

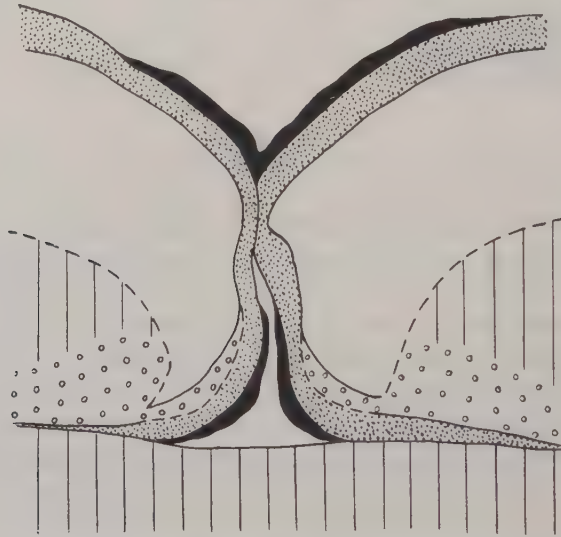


Abb. 13: Bildung stark getüpfelter parenchymatischer Holzzellen durch die Phellogene.

zum Ausdruck kommt. Die Phellogene sind hier in dem Bereich, in welchem sie die Holzzellen bilden, gestrichelt dargestellt. Über die Erklärung für diese Erscheinung wurden bereits an anderer Stelle die Ansichten verschiedener Forscher angeführt. Der von ihnen für die Bildung parenchymatischer Holzzellen verantwortlich gemachte Druck konnte bei den vorliegenden Untersuchungen in keinem Falle festgestellt werden; jene Zellen traten schon vor Berührung der beiden Wülste auf. Das hier in Frage kommende Stimulans kann also nicht angegeben werden; es wären zur Ermittlung gesonderte physiologische Untersuchungen notwendig.

Die Phellogene buchten sich außerdem, ebenfalls abweichend vom ersten Typ, an bestimmten Stellen ziemlich stark ein. Auf Abb. 13 ist dies besonders

beim rechten Wulst der Fall. Ebenso wie schon bei Verwachsungstyp I stellen auch hier wieder die toten Korkschichten ein Hindernis für die Wulstverwachsung dar. Ihre Beseitigung erfolgt auf die gleiche Weise wie bereits geschildert: Durch den zunehmenden Druck, welchen die Wülste durch ihr Wachstum aufeinander ausüben, wird der Kork zusammengepreßt und schließlich wieder nach oben und unten beseitigt. Derart zusammengepreßte Gewebepartien sind auf Abb. 13 und teilweise auf Abb. 14 zu erkennen. In der Folge buchten sich die

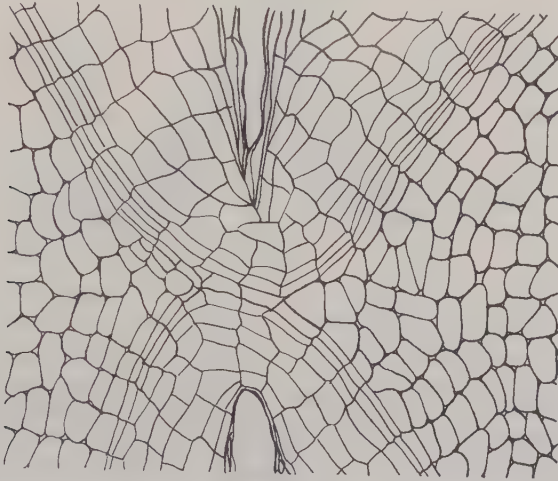


Abb. 14: Trennung der Wülste nur noch durch eine schmale Korkbrücke.

Phellogene noch stärker ein, so daß die Korkbeseitigung hier zunächst nur auf relativ kleiner Fläche erfolgt. Auf Abb. 14 sind die Wülste nur noch durch eine ganz schmale Korkbrücke voneinander getrennt. Durch die weitere Phellogentätigkeit und die dadurch erfolgende Vergrößerung der Wülste wird aber auch diese noch beseitigt, so daß eine Verwachsung stattfinden kann. Diese kann jedoch, entsprechend der geringen Korkbeseitigung, nur durch eine schmale Brücke zustande kommen (siehe Abb. 15). Es verschmelzen wieder die Rindenparenchymgewebe, ebenso die Phellogene, die wie bei Verwachsungstyp I einen oberen und unteren Teil bilden. Auf Abb. 15 ist dies deutlich zu erkennen. Nachdem die Wulstvereinigung vollzogen ist, muß noch, wie bei Typ I, ein gemeinsames Kambium hergestellt werden. Dies geschieht auf sehr interessante Weise: Der untere Phellogenteil stellt hier nämlich nicht, wie man von Verwachsungstyp I her erwarten sollte, seine Tätigkeit ein, sondern zeigt vielmehr verstärkte Aktivität: Er nimmt Holzkambiumcharakter an und erzeugt folglich nach innen, d. h. nach dem Holzkörper zu, Holz, jedoch, wie zu

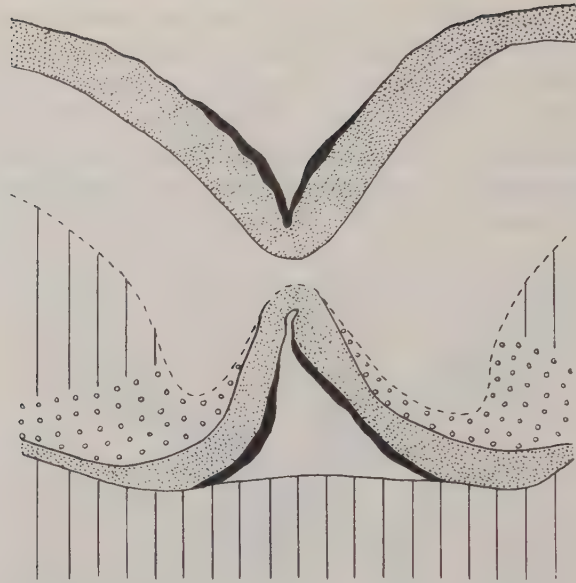


Abb. 15: Vereinigung der beiden Wülste.

erwarten, parenchymatische Holzzellen. Die beiden getrennten Wulstkambien sind nun also durch ein vom Phellogen gebildetes Kambium verbunden, so daß wieder ein einheitliches Meristem vorhanden ist. Auf Abb. 15 ist das neue Kambium als eine gestrichelte Linie dargestellt. Man vergegenwärtige sich an dieser Stelle nochmals die Entstehung des gemeinsamen Kambiums anhand der Abbildungen 13 und 15! Abb. 13 zeigt einen Teil des Phellogens der beiden Wülste gestrichelt, es besitzt ja an diesen Stellen Kambiumcharakter, indem es nach dem Wulstinnern zu parenchymatische Holzzellen bildet. Vergleicht man damit Abb. 15, so stellt man fest, daß die Verhältnisse hier umgekehrt liegen: Die Fortsetzungen der ehemaligen Wulstkambien haben nunmehr Kambiumcharakter angenommen, die parenchymatischen Holzzellen werden nun nicht mehr nach dem Wulstinneren zu abgegeben sondern in entgegengesetzter Richtung. Dadurch ist aber, wie schon oben beschrieben, die Herstellung eines einheitlichen Kambiums erreicht. Auf Abb. 16 erkennt man die schmale Vereinigungsstelle der beiden Überwallungswülste. Die links und rechts erkennbaren parenchymatischen Holzzellen werden sich durch die Tätigkeit des eben genau beschriebenen neugebildeten Kambiums bald erreicht haben. Sobald dies der Fall ist, sind auch hier die Verhältnisse wieder normalisiert, und einem normalen sekundären Dickenwachstum steht nichts mehr im Wege. Auf Abb. 17 ist der Wiederbeginn des sekundären Dickenwachstums zu erkennen.

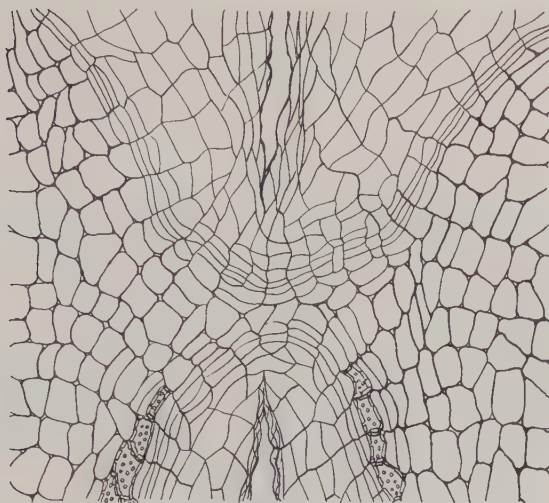


Abb. 16: Tätigkeit des neugebildeten Kambiums.

Zusammenfassend ist festzustellen: Der beschriebene Verwachsungstyp II hat mit Typ I vollkommen gemeinsam die Art der Korkbeseitigung. Der grundlegende Unterschied, der die Bezeichnung als neuen Typ rechtfertigt, besteht in der gänzlich anderen Weise der Kambiumvereinigung.

Als das erste Präparat des Verwachsungstyps II mit den stark eingebuchteten Phellogenen betrachtet wurde (siehe Abb. 13), wurde diese Erscheinung zu-

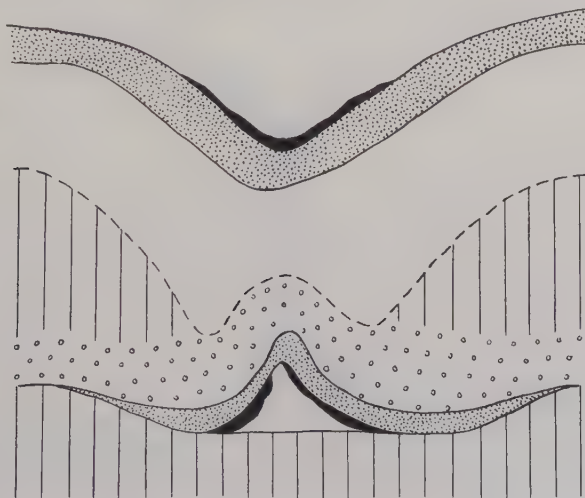


Abb. 17: Wiederbeginn sekundären Dickenwachstums durch das neue Kambium.

nächst als einzelne, rein zufällige Modifizierung der bisher beobachteten Verhältnisse betrachtet. Die Tatsache, daß noch einige, von verschiedenen Wunden hergestellte Präparate die gleiche Erscheinung zeigten, widerlegte diese Vermutung.

Es könnte hier auch folgende Frage auftauchen: Gehören die dargestellten Stadien eines Verwachsungstyps tatsächlich demselben Typ an? Die Frage ist insofern positiv zu beantworten, als häufig die aufeinander folgenden Stadien von ein und derselben Wunde gewonnen wurden; eine Wunde kann ja, wie anfangs erwähnt wurde, durchaus verschiedene Heilungsstadien aufweisen, da die Wulstbildung bzw. Verwachsung am oberen und unteren Wundrande rascher erfolgt als etwa in den mittleren Partien der Wunde.

Wir können uns nun dem letzten beobachteten Verwachsungstyp zuwenden, der als Modifizierung von Typ II aufzufassen ist.

Verwachsungstyp III:

Entsprechend den oben beschriebenen Verhältnissen des Typs II erzeugen auch hier die Phellogene schon längere Zeit vor Berührung der beiden Überwallungswülste parenchymatische Holzzellen, allerdings einen wesentlich längeren Streifen als bei Typ II, wie dies ein Vergleich der Abbildungen 13 und 18 erkennen läßt: In beiden Abbildungen sind die holzbildenden Abschnitte des Phellogens gestrichelt gezeichnet. Durch das weitere Wachstum berühren sich

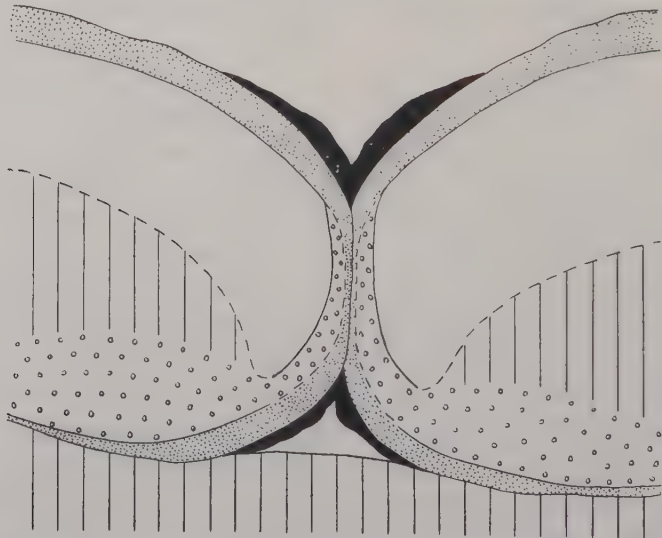


Abb. 18: Bildung langer Streifen parenchymatischer Holzzellen durch die Phellogene.

die Wülste, der Kontakt erfolgt jedoch hier auf einer größeren Fläche als im vorhergehenden Falle, da die Phellogene nicht wie bei Typ II an bestimmten Stellen extrem vorgewölbt sind. Die Korkbeseitigung erfolgt wiederum durch den von den beiden Wülsten gegenseitig ausgeübten Druck. Die daraus folgende Abplattung der Wülste ist auf Abb. 18 erkennbar. Es sind nur noch geringe trennende Korkschichten vorhanden. Nach Entfernung dieser Korkschichten liegen nun nicht, wie in den vorhergehenden Fällen, die Rindenparenchymgewebe bloß, sondern die parenchymatischen Holzzellen, die sich auch, ebenso wie die Phellogene, vereinigen. Auf Abb. 19 ist die Vereinigung

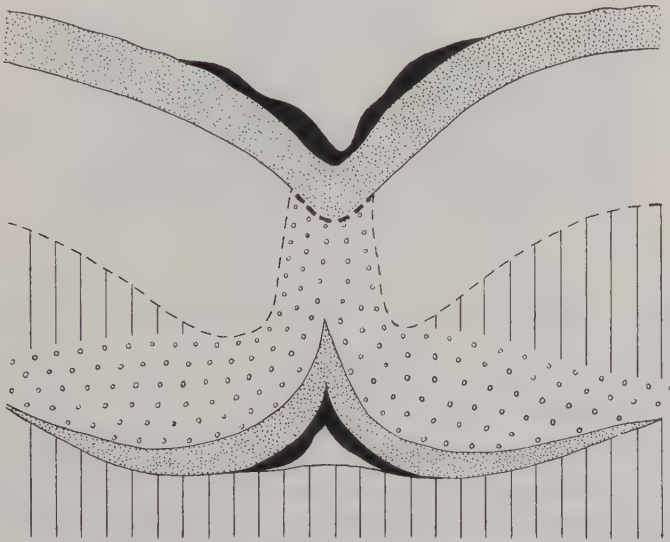


Abb. 19: Herstellung eines gemeinsamen Kambiums.

bereits erfolgt. Der untere Phellogenteil stellt wie bei Typ I seine Tätigkeit bald ein, während der obere Teil, der sich in den bisherigen Fällen völlig normal verhielt, indem er Kork und Phelloderm erzeugte, hier die Herstellung des gemeinsamen Kambiums übernimmt. Der obere Teil des Phellogens bildet in der Region, in der er vorher parenchymatische Holzzellen entstehen ließ, ein neues Kambium. Diese Stelle ist auf Abb. 19 durch stärkere Strichlung hervorgehoben. Seitlich daran finden, ähnlich den Verhältnissen des Verwachsungstyps II, die beiden ursprünglichen Wulstkambien Anschluß. Siehe Abb. 19. Vgl. damit auch Abb. 15. So ist schließlich auch hier wieder ein einheitliches Kambium hergestellt, durch welches der Zweig normal in die Dicke wachsen kann. Die Abb. 19 zeigt das neue Kambium als durchgehende ge-

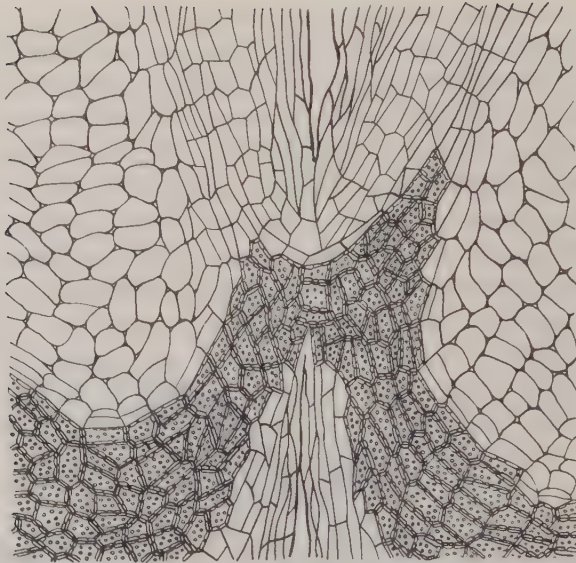


Abb. 20: Erklärung siehe Abb. 19!

strichelte Linie, während Abb. 20 die Verhältnisse zellulär zeigt. Damit kann wieder normales sekundäres Dickenwachstum einsetzen wie schon bei den beiden anderen Verwachsungstypen, so daß zur Veranschaulichung wieder Abb. 17 dienen kann.

Vergleichend kann also festgehalten werden, daß auch bei diesem 3. Verwachsungstyp die Bildung eines gemeinsamen Kambiums durch das Phellogen erzielt wird, diesmal jedoch nicht durch den unteren Phellogenteil, wie es bei Typ II der Fall war, sondern durch den oberen Abschnitt.

Es sei hier bemerkt, daß es sich bei den drei festgestellten und hier beschriebenen Verwachsungstypen wahrscheinlich nicht um die einzig möglichen Arten der Wundheilung handelt. Vielleicht könnten bei weiteren Untersuchungen noch andere Verwachsungsarten festgestellt werden.

Die drei beschriebenen Heilungstypen ähneln sich trotz ihres sehr verschiedenen Verhaltens äußerlich, also bei makroskopischer Betrachtung, vollkommen. Daher war es vielfach relativ schwierig, die jeweils für die Untersuchungen benötigten verschiedenen Stadien zu finden. Allerdings konnten häufig die aufeinanderfolgenden Stadien, wie schon oben beschrieben wurde, von ein und derselben Wunde gewonnen werden, da ja die Wulstbildung auf der gesamten Wundblöße meist nicht gleichmäßig, sondern verschieden rasch erfolgt.

Was nun das Vorkommen und die Häufigkeit der verschiedenen Verwachsungstypen betrifft, so kann folgendes festgestellt werden: Bei den Untersuchungen im Jahre 1957 wurde ausschließlich Verwachsungstyp III beobachtet, während im Frühjahr und Sommer 1958 die Typen I und II etwa gleich häufig auftraten. Im Rahmen vorliegender Untersuchungen konnte eine Abhängigkeit der verschiedenen Typen von bestimmten Faktoren nicht festgestellt werden. Ebenso war eine Spezialisierung der einzelnen Baumregionen auf den einen oder anderen Heilungstyp nicht zu beobachten. Um über diese Verhältnisse nähere Angaben machen zu können, müßten wohl physiologische Untersuchungen angestellt werden.

Im Jahre 1958 wurde außerdem erstmals die Erscheinung typischer Kallusbildung beobachtet. Kambium-, Rinden- und ganz besonders Markstrahlzellen wölben sich hier nach der Verwundung blasen- bzw. schlauchförmig gegen die Wundfläche hin vor. Die Wulstoberfläche ist dadurch nicht regelmäßig gekrümmt, sondern zeigt unregelmäßig wellenförmigen Umriss. Zudem gibt die Kallusoberfläche bei Färbung nur ganz schwache Korkreaktion. Auffallend ist auch die wahllose Bildung extrem weiltumiger Holzzellen durch das Kambium. Leider konnte der weitere Heilungsverlauf dieses Kallustyps nicht bis in spätere Stadien verfolgt werden, da solche nicht mehr gefunden werden konnten.

IV. Diskussion

Vergleicht man nun die Ergebnisse vorliegender Untersuchungen mit anderen Arbeiten, so ergeben sich manche Übereinstimmungen, jedoch auch erhebliche Abweichungen.

FRANK beschreibt 1895 als erste Veränderung am Wundrand bei der Entstehung eines Überwallungswulstes die Bildung von Kallus. Später differenziert sich nach FRANK im entstandenen Kallus ein Wundphellogen aus. Diesen Beobachtungen kann insoweit zugestimmt werden, als ebenfalls ein Fall von typischer Kallusbildung gefunden wurde. Im allgemeinen aber wurde typischer Kallus nicht beobachtet. Die Wundheilung begann in allen anderen Fällen vielmehr mit dem Abschluß der Wunde durch ein Wundphellogen. Die Vorgänge der Korkbeseitigung und der Herstellung eines gemeinsamen Kambiums bei der Vereinigung der Überwallungswülste werden von FRANK nicht beschrieben.

Angedeutet wird die Korkbeseitigung in einer Arbeit von LÖCKELL, 1901, und zwar erklärt sie der genannte Autor durch die zunehmenden Druckverhältnisse, die beim Aufeinandertreffen der beiden Überwallungswülste auftreten. Diese Beschreibung stimmt mit den Beobachtungen der vorliegenden

Untersuchung überein. In den übrigen Punkten sind jedoch kaum wesentliche Übereinstimmungen mit LÖCKELL zu finden.

Für die von KRIEG, 1908, beschriebene Korkresorption konnten, wie schon an anderer Stelle mehrfach betont, keinerlei Anzeichen gefunden werden. Die angestellten Beobachtungen bestätigen vielmehr einwandfrei eine mechanische Korkbeseitigung durch Druck. Interessant sind einige Ergebnisse von BRAUN, 1958. Während dieser Autor die Beseitigung der Trennzone zwischen zwei Pfropfkomponten merkwürdigerweise, wie KRIEG, durch Resorption erklärt, beobachtet er auch die Verbindung der Holzkörper von Unterlage und Reis durch „Kambiumbrücken“, wie sie bei Verwachsungstyp I in vorliegender Arbeit beschrieben wurde (siehe Abb. 12). In keiner der gefundenen Arbeiten wurden aber die Vorgänge der Vereinigung zweier Überwallungswülste genauer beschrieben, geschweige das Auftreten verschiedener Verwachsungstypen beobachtet.

V. Zusammenfassung

1. Nach der Verwundung wird ein Wundphellogen gebildet zum Schutze der Gewebe vor größerer Austrocknung, schädlichen Insekten und anderen ungünstigen Außeneinflüssen.
2. Durch radiale und tangential Teilungen von Kambiumzellen und Zellen der sekundären Rinde wird die Bildung von Überwallungswülsten eingeleitet.
3. Im Gegensatz zu anderen Autoren wurde bei der Wulstbildung kein typischer Kallus im Sinne starker, unregelmäßiger Zellwucherungen beobachtet.
4. Es werden chlorophyllhaltige, stark getüpfelte, isodiametrische parenchymatische Holzzellen gebildet. Der Grund ihrer Entstehung konnte nicht festgestellt werden. Die Erklärung anderer Autoren (starker Druck) scheidet aus.
5. Die toten Korkschichten, welche der Verwachsung der beiden Überwallungswülste entgegenstehen, werden auf rein mechanische Weise durch zunehmenden Druck beseitigt.
6. Es wurden drei verschiedene Verwachsungstypen beobachtet:
 - a) Die Bildung eines gemeinsamen Kambiums wird durch Differenzierung aus Rindenparenchym erreicht (Verwachsungstyp I).
 - b) Das gemeinsame Kambium wird aus dem unteren Phellogenabschnitt gebildet (Verwachsungstyp II).
 - c) Das gemeinsame Kambium wird aus dem oberen Phellogenabschnitt gebildet (Verwachsungstyp III).

VI. Literatur

1. BAILLAUD, L. et COURTOT, Y.: Observations sur quelques modes de cicatrisation chez les végétaux vasculaires. (Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, 1956, 2me Série, fasc. 8.)
2. BLOCH, R.: Wound healing in higher plants. (Bot. Review 7, 1941 u. Bot. Review 18, 1952.)
3. BRAUN, H. J.: Die normalen Verwachsungsvorgänge nach Pfropfung von Laubbäumen. (Zeitschr. f. Bot., Bd. 46, Heft 4, 1958.)
4. BRETTFELD, Frh. von: Über Vernarbung und Blattfall. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XII, 1879—81.)
5. FIGDOR, W.: Experimentelle und histologische Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreich. (Sitz.-Ber. d. math.-naturw. Kl. d. k. Akad. d. Wiss., Bd. C, Abt. 1, Wien, 1891.)
6. FRANK, A. B.: Die Krankheiten der Pflanzen. (2. Auflage, Breslau, 1895.)
7. HERSE: Zahlreiche Beiträge zur Kenntnis des Wundholzes und seiner histologischen Zusammensetzung. (Landwirtsch. Jahrb. 1908, Ergänzb. Bd. 4.)
8. KRENKE, N. P.: Wundkompensation, Transplantation und Chimären bei Pflanzen. (Berlin, 1933.)
9. KRIEG, A.: Beiträge zur Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologische Veränderungen. (Würzburg, 1908, Dissertation.)
10. KÜSTER, E.: Pathologische Pflanzenanatomie. (3. Auflage, Jena, 1925.)
11. ———: Über Stammverwachsungen. (Jahrb. f. wiss. Bot. 33, 1899.)
12. LÖCKELL, E.: Die ersten Folgen der Verwundung des Stengels dikotyler Holzgewächse durch Schnitte in der radialen Längsrichtung. (Wiss. Beil. z. Jahresber. d. 10. Realschule zu Berlin, 1901.)
13. MÄULE, C.: Der Faserverlauf im Wundholz. (Bibl. bot. Heft 33, Stuttgart, 1895.)
14. OHMANN, M.: Über Art und das Zustandekommen der Verwachsung zweier Pfropfhybriden. (Zentralbl. f. Bakt., Abt. II, 21, 1908.)
15. SORAUER, P.: Handbuch der Pflanzenkrankheiten. (Bd. I, 1. und 2. Halbband, Berlin 1933 und 1934.)
16. STRASBURGER, E.: Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 36, 1901.)
17. VOGES: Über Regenerationsvorgänge nach Hagelschlagwunden an Holzgewächsen. (Zentralbl. f. Bakt., Abt. II, 36, 1913.)

Lebenslauf

Am 31. Oktober 1935 wurde ich, HORST ZASCHE, in Lichtenfels/Ofr. als einziger Sohn des Fachschuloberlehrers Adam ZASCHE und seiner Ehefrau Katharina, geb. EBERHARDT, geboren.

Von 1942—1946 besuchte ich die Volksschule in Lichtenfels, von welcher ich im September 1946 an die Oberrealschule übertrat. Nach der 9. Klasse legte ich im Juli 1954 die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1954/55 begann ich mit dem Studium der Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Erdkunde) an der Universität Erlangen, wo ich im Jahre 1959 das Staatsexamen für das Lehramt an Höheren Schulen bestand.

